

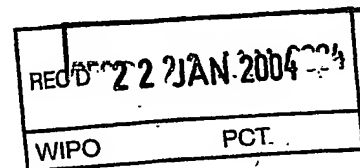


Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

10/541417
Rec'd PCT/PTO 01.01.2005
2.2.12.03



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03100017.7

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 03100017.7
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 08.01.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards
GmbH
Steindamm 94
20099 Hamburg
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Nichtlinearer Akustik-Echo-Unterdrücker

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H04M9/08

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT SE SI SK TR LI

BEST AVAILABLE COPY

BESCHREIBUNG

Nichtlinearer Akustik-Echo-Unterdrücker

- Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Unterdrücken von Echo für eine Anordnung zum Übertragen von Audiosignalen, insbesondere gesprochener Sprache, mit einem Echofilter zum Unterdrücken von Echo, das zwischen einem von einem fernen Ende kommenden und zu einem Wandler zum Wandeln eines elektrischen Signals in ein erstes Audiosignal führenden Eingangskanal zum Empfang eines elektrischen Eingangssignals und einem von einem Rückwandler zum Zurückwandeln eines zweiten Audiosignals in ein elektrisches Signal kommenden und zu einem fernen Ende führenden Ausgangskanal zum Ausgeben eines elektrischen Ausgangssignals angeordnet ist. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen gemäß Anspruch 9. Die Erfindung betrifft außerdem ein entsprechendes Verfahren zum Unterrücken von Echo. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Computerprogramm mit Computerprogrammmitteln zum Veranlassen eines Computers zur Durchführung der Schritte des genannten Verfahrens, wenn das Computerprogramm auf einem Computer ausgeführt wird.

- Bei der Benutzung von Telefonen, insbesondere Mobiltelefonen, kann das Problem von Echos auftreten. Hier entstehen Echos dadurch, dass von dem Mikrofon eines Telefons nicht nur die Sprache, die direkt in das Mikrofon hineingesprochen wird, aufgenommen und übertragen wird. Vielmehr werden außerdem andere Geräusche, insbesondere das akustische Signal, das von dem Lautsprecher desselben Telefons ausgegeben wird, von dem Mikrofon aufgenommen und zu dem anderen Gesprächspartner wieder zurückübertragen. Dieser Effekt tritt insbesondere auf, wenn Mobiltelefone zusammen mit Freisprecheinrichtungen verwendet werden, weil hier das Mikrofon so ausgelegt ist, dass es Geräusche aus einem großen Raum aufnimmt. Auch bei Mobiltelefonen, die ohne Freisprecheinrichtung benutzt werden, können Echos dadurch verstärkt auftreten, dass das akustische Signal vom Lautsprecher durch das relativ kleine Gehäuse zum Mikrofon übertragen wird. Solche Effekte können auch bei DECT-Telefonen oder Funkgeräten entstehen.

Besonders unangenehm beim Auftreten solcher Echos ist, dass sie durch nichtlineare Komponenten in dem Telefon selbst nichtlinear werden. Solche nichtlinearen Echos werden von dem Benutzer am fernen Ende als verzerrt wahrgenommen. Demgegenüber werden geringe Verzerrungen der am nahen Ende wiedergegebenen Sprache, die in Mobiltelefonen oder schnurlosen Telefonen dadurch bedingt sind, dass trotz geringer Batteriespannung eine hohe Ausgabelautstärke erreicht wird, akzeptiert.

Die meisten Systeme zum Unterdrücken der oben beschriebenen akustischen Echos benutzen ein lineares adaptives Filter. Hierbei modelliert das lineare Filter die Strecke des Echos und wird dabei mit Hilfe einer Adaption ständig angepasst. Das Signal, das die Strecke des Echos durchläuft, durchläuft dann in gleicher Weise das Modell dieser Strecke in dem linearen Filter und wird dann von dem Signal, das von dem Mikrofon aufgenommen wurde und das auch das Echo enthält, abgezogen, so dass im optimalen Fall das vom Mikrofon aufgenommene Signal ohne das Echo resultiert. Sowohl Zeitbereichsfilter wie zum Beispiel NLMS-Adaption oder Frequenzbereichsfilter werden erfolgreich eingesetzt, um lineare Echos zu kompensieren. Diese Filter modellieren die Echostrecke so genau, dass eine Reduktion des linearen Echos um bis zu 30 dB erreicht werden kann.

Nichtlinear verzerrte Echos bleiben nach der Kompensierung der linearen Echos übrig. Sie werden insbesondere durch Begrenzungselemente in der Übertragungsanordnung hervorgerufen. Dadurch treten sie besonders bei lauten Sprachanteilen und sehr plötzlich auf, was besonders unangenehm ist.

Zur Unterdrückung nichtlinear verzerrter Echos sind bisher zwei Ansätze bekannt. Im ersten Ansatz wird zusätzlich zu einem linearen Filter ein nichtlineares Modell eingesetzt. Sowohl das lineare Filter als auch das nichtlineare Modell werden adaptiert, so dass selbst das nichtlineare Verhalten der Strecke des Echopfades modelliert werden kann. Das Echo kann somit ganz ähnlich dem oben beschriebenen linearen Fall kompensiert werden. Tatsächlich ist aber für den nichtlinearen Fall eine

Übereinstimmung zwischen dem nichtlinearen Modell und der nichtlinearen Strecke mit sehr hoher Genauigkeit erforderlich. Aus diesem Grund ist die Verwendung einer Adaption des nichtlinearen Modells unbedingt notwendig. Dabei ist eine nichtlineare Adaption besonders komplex und aufwendig zu realisieren, so dass für diesen

5 Lösungsansatz ein entsprechend leistungsfähiger digitaler Signalprozessor (DSP) erforderlich ist, wodurch entsprechend hohe Kosten entstehen.

Im zweiten Ansatz zur Berücksichtigung nichtlinearer Echos wird weiterhin ein lineares Filter mit Adaption eingesetzt, wobei zusätzlich der zu einem fernen Ende führende

10 Kanal bedämpft wird. Diese Dämpfung erfolgt einerseits nur für einen relevanten Frequenzbereich und wirkt andererseits nur zu Zeiten, wenn nichtlinear verzerrte Echos auftreten können. Diese zusätzliche Dämpfung des Ausgabekanals reduziert die Sprachqualität am nahen Ende des Telefons für den Fall, dass an beiden Enden zugleich gesprochen wird. Außerdem müssen für diesen Ansatz die nichtlinearen Verzerrungen

15 verlässlich gemessen werden. Dies erfordert einen sorgfältigen Abgleich der Hardware. Weiterhin entstehen bei diesem Ansatz erhöhte DSP-Kosten. Ein solcher Aufwand ist allenfalls dann gerechtfertigt, wenn das benötigte Dämpfungselement bereits für andere Zwecke wie zusätzliche Echo- und/oder Rauschunterdrückung vorgesehen ist.

20 Aus der WO 00/70853 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Lautstärkeregelung in einem Kommunikationssystem mit linearer Echounterdrückung bekannt, bei dem ein Signal auf den Bereich eines D/A-Wandlers begrenzt wird.

Der Erfindung liegt unter anderem die Aufgabe zugrunde, sowohl lineare als auch

25 nichtlineare Echos bei der Übertragung von Audiosignalen, insbesondere in Telefonen, wie z. B. Mobiltelefonen, zu unterdrücken. Als eine weitere Aufgabe liegt der Erfindung dabei zugrunde, eine Unterdrückung von Echos auf einfache und kostengünstige Weise zu erreichen. Erfindungsgemäß wird daher in dem Eingangskanal ein Hochpassfilter mit einer Grenzfrequenz, die über der Grenzfrequenz des

30 Hochpassverhaltens des Wandlers liegt, aus der Richtung des fernen Endes vor dem Echofilter angeordnet, und in dem Eingangskanal zwischen dem Hochpassfilter und dem

Echofilter ein Begrenzungselement zum Begrenzen der Signalamplitude angeordnet.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass das nichtlineare Streckenverhalten des Echopfades, insbesondere das Verhalten vom Eingangskanal bis zum akustischen

- 5 Ausgang des Wandlers, insbesondere eines darin vorhandenen Verstärkers, erst oberhalb einer Signalamplitude auftritt, die durch die Begrenzung der Verstärkung dieses Pfades bedingt ist. Aus diesem Grunde wird ein Begrenzungselement in dem Eingangspfad angeordnet, so dass das Signal, das von einem fernen Ende kommt, so in der Amplitude begrenzt wird, dass nichtlineares Verhalten für dieses Signal verhindert
- 10 wird.

Zusätzlich zu den möglichen nichtlinearen Verhalten weist der Echopfad im Eingangskanal vor dem Lautsprecher außerdem Hochpassverhalten auf. Ein solches

- Hochpassverhalten wirkt differenzierend auf Signalanteile mit niedriger Frequenz. Es besteht daher die Gefahr, dass das von einem fernen Ende kommende und in der
- 15 Amplitude begrenzte Signal durch differenzierende Verhalten wieder in Bereichen in der Amplitude erhöht wird und die zuvor erreichte Grenze der Amplitude wieder überschreitet. Um dieses Problem zu vermeiden, wird vor dem Begrenzungselement ein weiteres Hochpassfilter angeordnet, das aus dem Signal, das von einem fernen Ende
- 20 kommt, die niedrigen Frequenzen herausfiltert. Die Gefahr des differenzierenden Verhaltens im Echopfad mit der verbundenen Amplitudenerhöhung kann dadurch vermieden werden.

Die erfindungsgemäße Anordnung des Hochpassfilters gefolgt von dem Begrenzungselement in dem Eingangskanal hat somit die Wirkung, dass das von dem fernen Ende

- 25 kommende Signal auf einen Frequenzbereich oberhalb einer Frequenz F_1 und unterhalb einer Amplitude Θ beschränkt wird. Die nichtlinearen Elemente in dem Echopfad wirken sich somit nicht auf das Echo aus, so dass sich der Echopfad tatsächlich nur als lineare Strecke darstellt. Eine Unterdrückung des Echos ist somit für sämtliche
- 30 Betriebsfälle mit Hilfe eines linearen Filters möglich. Diese erfindungsgemäße Vorrichtung vermeidet damit nichtlinear verzerrtes Echo auf einfache Weise. Sie ist mit

geringem Aufwand und damit kostengünstig realisierbar.

- In der einfachsten bekannten und allgemein üblichen Ausgestaltung weisen Begrenzungselemente als Charakteristik eine Saturierungsfunktion auf. Eine
- 5 Saturierungsfunktion weist im dritten Quadranten im wesentlichen einen konstanten negativen und ersten Quadranten einen konstanten positiven Abschnitt auf, wobei der Wert dieses Abschnitts der Höhe der Begrenzung entspricht. Im Bereich des Ursprungs weist eine solche Saturierungsfunktion einen Abschnitt mit konstanter Steigung auf, der die beiden konstanten Abschnitte des dritten und ersten Quadranten verbindet. Gemäß
- 10 einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Übergänge zwischen den proportionalen, durch den Ursprung verlaufenden Abschnitte und jeweils einem konstanten Abschnitt weich ausgebildet. Diese weichen Übergänge sowie auch der Rest der Charakteristik der Begrenzungsfunktion sind insbesondere dadurch charakterisiert, dass sie stetig differenzierbar sind. Hierdurch wird erreicht, dass in einem Signal durch
- 15 den Vorgang des Begrenzens keine Knicke in dem Signal und damit keine unnötige Verzerrung dieses Signals entstehen.

- Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung wird die Charakteristik des Begrenzungselementes durch eine zusammengesetzte Funktion aus einem ersten
- 20 konstanten, einem ersten quadratischen, einem proportionalen, einem zweiten quadratischen und einem zweiten konstanten Term gebildet. Die beiden konstanten Abschnitte und der proportionale Abschnitt sind gemäß einer bekannten Saturierungsfunktion angeordnet. Die beiden quadratischen Terme bilden jeweils den Übergang zwischen dem proportionalen und einem der konstanten Abschnitte. Die quadratischen
- 25 Terme werden so parametrisiert, dass alle fünf Abschnitte zu einer kontinuierlichen Funktion zusammengesetzt werden.

- Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung wird die Charakteristik des Begrenzungselementes durch eine Funktion gebildet, die aus einer ersten konstanten,
- 30 einer ersten quadratischen, einer proportionalen, einer zweiten quadratischen und einer

zweiten konstanten Funktion zusammengesetzt ist, wobei die Terme der beiden quadratischen Funktionen so parametrisiert sind, das sich eine zusammenhängende Funktion ergibt, die außerdem stetig differenzierbar ist. Bei dieser bevorzugten Ausgestaltung wird eine stetige und stetig differenzierbare Begrenzungscharakteristik auf einfache Weise erreicht. Sie stellt keine besondere Anforderung an den digitalen Signalprozessor und ist damit einfach und kostengünstig realisierbar.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung wird die Begrenzungscharakteristik durch eine tanh-Funktion erreicht. Die tanh-Funktion ist in ihrem Verlauf einer Sättigungsfunktion sehr ähnlich. Sie weist fast konstante und einen fast proportionalen Abschnitt auf, deren Übergänge jedoch weich sind, weil die tanh-Funktion mehrfach stetig differenzierbar ist. Die Verwendung einer tanh-Funktion hat den Vorteil, dass der gesamte Bereich der Begrenzungscharakteristik mit dieser einen Funktion vollständig beschrieben wird. Es ist jedoch erforderlich, dass diese spezielle trigonometrische Funktion in dem digitalen Signalprozessor implementiert ist, oder dass es zumindest möglich ist, sie mit Hilfe von zwei e-Funktionen und einer Division zu realisieren.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung erfolgt die Unterdrückung des Echos mit Hilfe eines linearen und/oder adaptiven Echofilters. Die erfindungsgemäße Anordnung des Hochpassfilters und des Begrenzungselementes ist grundsätzlich unabhängig von der Wahl des eingesetzten Echofilters. Jedoch ist es hierdurch möglich, ein lineares Filter einzusetzen. Der Rechenaufwand wird hierdurch gering gehalten. Weiterhin kann auch das lineare Verhalten des Echopfades unzureichend oder gar nicht bekannt sein und es ist auch zu berücksichtigen, dass das lineare Verhalten der Echostrecke veränderlich ist. Das ergibt sich beispielsweise dadurch, dass ein Telefon unterschiedlich gehalten wird und in unterschiedlichen, wechselnden Räumen benutzt wird. Aus diesem Grunde hat sich eine Adaption als vorteilhaft erwiesen.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist das Hochpassfilter eine 3dB-

Grenzfrequenz von etwa 0,1 bis 2 kHz, insbesondere von etwa 0,2 bis 1 kHz, auf. Dieser Frequenzbereich ist durch den Hörbereich des menschlichen Ohres, insbesondere aber durch die technische Ausführung üblicher Telefone vorgegeben. Ein Telefon, das verglichen mit dem Subwoofer einer Stereoanlage eine geringe Bauform aufweist, und
5 außerdem mit dem Einsatz von wenig Energie funktioniert, kann kaum noch tiefe Töne, also Geräusche im Bereich niedriger Frequenzen, erzeugen. Dementsprechend weist ein solches Telefon bereits ein Hochpassverhalten auf, dessen Grenzfrequenz im unteren hörbaren Bereich liegt. Die Grenzfrequenz liegt hier typischerweise im Bereich von 50 bis 200 Hz. Um das oben beschriebene Verhindern der Amplitudenerhöhung aufgrund
10 differenzierenden Verhaltens sicher zu erreichen, ist die Grenzfrequenz des im Eingangskanal eingesetzten, erfindungsgemäßen Hochpasses über der Grenzfrequenz des Hochpassverhaltens des Echopfades liegend gewählt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung liegt die 3dB-Grenzfrequenz des
15 Hochpassfilters daher etwa um den Faktor 2 bis 10, insbesondere um den Faktor 5, höher als die 3dB-Grenzfrequenz des Wandlers. Der Faktor 2 sollte als unterer Wert möglichst nicht unterschritten werden, um das oben beschriebene Problem der Amplitudenerhöhung durch differenzierendes Verhalten zu vermeiden. Außerdem sollte der Faktor nach Möglichkeit nicht größer als 10 gewählt werden, da sonst die Gefahr
20 besteht, dass der Frequenzbereich des Signals zu stark eingeschränkt wird. Ein unangenehmes hohes Erscheinungsbild der übertragenen Sprache könnte die Folge sein. Dabei könnten sich die Stimmen von Gesprächspartnern hierdurch ungewöhnlich unnatürlich anhören. Aus diesem Grunde hat sich der Faktor 5 als günstig erwiesen.

25 Die Erfindung betrifft auch eine Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 1. Eine solche Anordnung ist z. B. ein Mobiltelefon, eine Freisprechanlage, ein Funkgerät oder ein schnurloses Telefon. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Unterdrücken von Echos in einer solchen Anordnung gemäß Anspruch 11 und ein Computerprogramm zum Ausführen
30 dieses Verfahrens.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 eine Schaltungsanordnung einer üblicherweise verwendeten Vorrichtung zur Unterdrückung von linearem Echo in einer Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen,
- Fig. 2 eine Schaltungsanordnung einer zum Stand der Technik gehörenden Vorrichtung zum Unterdrücken von linearem Echo mit einem linearen und
- 10 einem nichtlinearen Filter,
- Fig. 3 eine Schaltungsanordnung einer zum Stand der Technik gehörenden Vorrichtung zum Unterdrücken von nichtlinearem Echo mit einem linearen Filter und einer zusätzlichen Dämpfungseinheit,
- Fig. 4 eine Schaltungsanordnung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum
- 15 Verhindern von nichtlinearem Echo in einer Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen,
- Fig. 5 den Funktionsgraphen eines erfindungsgemäßen Begrenzungselementes und
- Fig. 6 das Übertragungsverhalten im Wandler am Beispiel eines begrenzten, aber ungefilterten Signals.

20

In Fig. 1 ist eine Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen mit einem Eingangskanal 1, einem Wandler 2, einem Rückwandler 3, einem Ausgangskanal 4 und einer Vorrichtung zum Unterdrücken von linearem Echo 50 dargestellt. Die in dieser Figur dargestellte Schaltungsanordnung findet sich beispielsweise in Mobiltelefonen

25 oder Freisprecheinrichtungen. Auf dem Eingangskanal 1 wird ein von einem fernen Ende (far end), z. B. einem fernen Sprecher, kommendes digitales Signal empfangen und zum Wandler 2 weitergeleitet. In dem Wandler 2 wird das digitale Signal mit Hilfe des D/A-Wandlers 21 in ein analoges Signal gewandelt und dann mittels des Verstärkers 22 verstärkt, um schließlich von dem Lautsprecher 23 in ein akustisches

30 Signal gewandelt zu werden. Ein Teil dieses akustischen Signals gelangt zu dem

Rückwandler 3, in dem es zusammen mit dem neu hinzukommenden Geräusch, meist der gesprochenen Sprache des Telefonbenutzers, auf dieser Seite überlagert und von dem Mikrofon 31 aufgenommen und in ein elektrisches Signal übertragen wird. Dieses elektrische Signal wird von dem Rückverstärker 32 in seiner Amplitude auf den Bereich
5 des A/D-Wandlers 33 angepasst. Der A/D-Wandler 33 wandelt das so in seiner Amplitude veränderte analoge Signal in ein digitales Signal. Dieses digitale Signal wird von dem Ausgangskanal 4 ausgegeben, um zu einem fernen Ende übertragen zu werden.

Um das Echo 7, das am Ausgang des Rückwandlers 33 dem neuen Geräusch 5 überlagert ist, wieder zu kompensieren, wird in der Vorrichtung zum Unterdrücken von
10 linearem Echo 50 an der Summierstelle 501 durch ein lineares Filter 502 eingeschätztes Signal abgezogen, das dem Echoanteil entsprechen sollte. Aus diesem Grund bildet das lineare Filter 502 das Verhalten des Echopfades 7 nach. Um eine möglichst gute Nachbildung zu erhalten, die sich auch Änderungen des Echopfades 7 anpasst, erfolgt
15 eine Adaption mit Hilfe des Adaptionsblocks 503.

Mit Hilfe dieser Vorrichtung zum Unterdrücken linearer Echos 50 kann das lineare Verhalten des Echopfades 7 mit guter Genauigkeit nachgebildet werden. Somit lassen sich hiermit lineare Echos gut unterdrücken. Nichtlinear verzerrte Echos, die durch
20 nichtlineares Verhalten des Echopfades 7 entstehen, können mit dieser Vorrichtung zum Unterdrücken von linearem Echo nicht kompensiert werden.

Fig. 2 zeigt die Schaltung einer Vorrichtung zum Unterdrücken von Echo 51, mit der auch nichtlinear verzerrtes Echo berücksichtigt werden soll. Diese Vorrichtung 51 wird
25 entsprechend der Vorrichtung zum Unterdrücken von linearem Echo 50 gemäß Fig. 1 in einer Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen eingesetzt. Zusätzlich zu der Summierstelle 511 und dem linearen Filter 512 mit dem zugehörigen Adaptionsblock 513 ist hier noch ein nichtlineares Filter 514 zusammen mit einem nichtlinearen Adaptionsblock 515 eingesetzt. Hierbei wird das nichtlineare Filter 514 zusammen mit
30 dem nichtlinearen Adaptionsblock 515 zur Nachbildung des nichtlinearen Verhaltens

des Echopfades 7 verwendet.

Hiermit ist es grundsätzlich möglich, das lineare und das nichtlineare Verhalten des Echopfades 7 zu modellieren und somit den linearen als auch den nichtlinear verzerrten

- 5 Teil des Echos an der Summierstelle 511 zu kompensieren.

Fig. 3 zeigt die Schaltungsanordnung einer weiteren, zum Stand der Technik gehörenden Vorrichtung zum Unterdrücken von Echo 52, die ebenfalls entsprechend der Vorrichtung zum Unterdrückung von linearem Echo 50 nach Figur 1 in einer

- 10 Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen eingesetzt wird. Diese Vorrichtung 52 beinhaltet wieder eine Summierstelle 521 und ein lineares Filter 522 mit dazugehörigem Adaptionblock 523. Mit Hilfe des linearen Filters 522 kann der lineare Teil des Echos an der Summierstelle 521 kompensiert werden. Die verbleibenden nichtlinear verzerrten Anteile des Echos können teilweise mit Hilfe des
- 15 Dämpfungselementes 524 unterdrückt werden.

Das Dämpfungselement 524 entfernt die nichtlinearen Echos dadurch, dass das von dem Summierglied 521 kommende Signal für Frequenzbereiche bei denen nichtlinear verzerrte Echos auftreten können, bedämpft wird. Diese Dämpfung erfolgt außerdem

20 nur zu Zeiten, zu denen nichtlinear verzerrte Echos auftreten können. Aus diesem Grund wird das Ausgangssignal des linearen Filters 522 auch dem Dämpfungselement 524 zugeführt.

- Fig. 4 zeigt eine Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen mit einem
- 25 im Eingangskanal 1 angeordneten erfindungsgemäßen Hochpassfilter 8 und einem Begrenzungselement 9. Auch in dieser Anordnung wird eine Vorrichtung zum Unterdrücken von Echo 53 verwendet, die eine Summierstelle 531 sowie ein lineares adaptives Filter 532 beinhaltet. Hier ist jedoch auch ein lineares Filter zusammen mit einem Adaptionblock einsetzbar, so dass sich für die Vorrichtung zum Unterdrücken
- 30 von Echo 53 das gleiche Funktionsprinzip wie von der Vorrichtung zum Unterdrücken

von linearem Echo 50 gemäß Fig. 1 ergibt.

Ein wesentliches Element der Erfindung ist, dass das auf dem Eingangskanal 1 empfangene Signal zuerst über das Hochpassfilter 8 geführt wird, der tiefe Frequenzen
5 aus dem Signal herausfiltert. Das so veränderte Signal wird über das Begrenzungselement 9 geführt, das die Amplitude des Signals begrenzt. Das so modifizierte Signal gelangt zum einen in der Vorrichtung zum Unterdrücken von Echo 53 zu dem linearen adaptiven Filter 532 und zum anderen zu dem Wandler 2. Das durch das Hochpassfilter 8 und das Begrenzungselement 9 veränderte Signal ist nun so ausgebildet, dass es in
10 dem Echopfad 7 kein nichtlineares Verhalten anregt. Somit ist sichergesellt, dass das Signal, das aus dem Rückwandler 3 kommt und die Summierstelle 531 erreicht, nur lineares Echo enthält. Eine Kompensation dieses Echos ist damit in jedem Fall mit Hilfe des linearen adaptiven Filters 532 möglich. Damit kann wiederum für alle Betriebsfälle sichergestellt werden, dass das Signal am Ausgangskanal 4 frei von jeglichen Echos ist.
15 Als zusätzlicher Vorteil ergibt sich eine leicht verbesserte Sprachwiedergabe am nahen Ende, weil Verzerrungen etwas weicher klingen.

In Fig. 5 ist die Charakteristik des Begrenzungselementes 9 durch einen Funktionsgraphen dargestellt. Dieser Graph zeigt einen ersten konstanten Abschnitt 10, einen
20 ersten quadratischen 11, einen proportionalen 12, einen zweiten quadratischen 13 und einen zweiten konstanten Abschnitt 14. Der erste konstante Abschnitt 10 legt die negative Grenze und der zweite konstante Abschnitt 14 die positive Grenze des Begrenzungselementes mit dem Betrag Θ fest. Der proportionale Abschnitt 12 weist die Steigung eins auf. Der erste quadratische Abschnitt 11 ist so ausgelegt, dass er am
25 Ansatz zum ersten konstanten Abschnitt 10 die Steigung null und am Ansatz zum proportionalen Abschnitt 12 die Steigung eins aufweist. Damit schafft er einen weichen Übergang vom ersten konstanten Abschnitt 10 zum proportionalen Abschnitt 12. Der zweite quadratische Abschnitt 13 schafft auf gleiche Weise einen weichen Übergang zwischen dem proportionalen Abschnitt 12 und dem konstanten Abschnitt 14. Der im
30 ersten Quadranten gelegene Teil des Funktionsgraphen ist punktsymmetrisch zu dem im

dritten Quadranten gelegenen Teil.

In Fig. 6 ist das Übertragungsverhalten der Strecke von der Stelle A zur Stelle B gemäß Fig. 4 für ein begrenztes Signal niedriger Frequenz veranschaulicht. Hier ist ein
5 ursprünglich etwa sinusförmiges Signal 15 dargestellt, das als auf die Amplitude \ominus begrenztes Signal 16 über die Strecke A-B übertragen wird. Die zwischen den Punkten A und B gelegene Übertragungsanordnung 17 weist Hochpassverhalten auf, das auf niedrige Frequenzen differenzierend wirkt, so dass sich das im rechten Teil der Fig. 6 dargestellte Signalverhalten 18 ergibt. Hier ist deutlich zu erkennen, dass durch das
10 Differenzieren die Amplitudenbegrenzung wieder verloren wurde. Das entstandene Signal 18 übersteigt in einigen Bereichen 19 den Wert der Begrenzung \ominus deutlich.

Das hier dargestellte Signal 15 und somit auch das begrenzte Signal 16 weist eine niedrige Frequenz auf und ist nicht, wie erfindungsgemäß vorgeschlagen, über ein
15 Hochpassfilter geführt worden. Bei der erfindungsgemäßen Anordnung wird ein Signal, das vom Eingangskanal 1 empfangen wird, zunächst über ein Hochpassfilter 8 geführt. Signale mit niedriger Frequenz können das nachgeordnete Begrenzungselement 9 nicht mehr, oder allenfalls mit stark reduzierter Amplitude erreichen. Das in Fig. 6 dargestellte Problem des Überschreitens der Begrenzungsamplitude durch
20 Differentiation von Signalen niedriger Frequenz und gleichzeitig hoher Amplitude kann daher nicht mehr auftreten. Es ist somit sichergestellt, dass ein am Eingangskanal 1 empfangenes Signal auch am Ausgang der Strecke A-B in keinem Bereich die Begrenzungsamplitude \ominus übersteigt. Durch die Gewährleistung dieser begrenzten Amplitude kann das Auftreten nichtlinearen Verhaltens verhindert werden. Somit weist
25 auch das Echo keine nichtlinearen Verzerrungen auf, und eine vollständige Unterdrückung des Echos mit Hilfe eines linearen adaptiven Filters ist somit möglich.

In einem häufigen Anwendungsfall hat der Wandler einer Anordnung zum Übertragen von Audiosignalen ein Hochpassverhalten mit einer Grenzfrequenz von 100 Hz. Das
30 erfindungsgemäße Hochpassfilter, das am Eingangskanal angeordnet ist, weist hierfür

eine Grenzfrequenz von 300 Hz auf. Außerdem liegt der Eingangsspannungsbereich des Wandlers in diesem Beispiel bei ± 5 Volt. Unter Berücksichtigung einer Toleranz von 5 % wird somit die begrenzende Amplitude Θ des ebenfalls im Eingangskanal angeordneten Begrenzungselementes auf 4,75 Volt festgelegt.

5

Dieses Beispiel zeigt, dass die Parametrierung des Hochpassfilters und des Begrenzungselementes auf einfache Weise durchzuführen ist. Weiterhin ist kein besonders komplexer digitaler Signalprozessor zur Echounterdrückung notwendig. Dennoch kann mit Hilfe dieses Hochpassfilters und dieses Begrenzungselementes
10 zusammen mit einem bekannten adaptiven linearen Filter sowohl lineares als auch nichtlinear verzerrtes Echo effizient verhindert werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum Unterdrücken von Echo für eine Anordnung zum Übertragen von Audiosignalen, insbesondere gesprochener Sprache, mit einem Echofilter (50; 51; 52) zum Unterdrücken von Echo (7), der zwischen einem von einem fernen Ende kommenden und zu einem Wandler (2) zum Wandeln eines elektrischen Signals in ein
5 erstes Audiosignal führenden Eingangskanal (1) zum Empfangen eines elektrischen Eingangssignals und einem von einem Rückwandler (3) zum Zurückwandeln eines zweiten Audiosignals in ein elektrisches Signal kommenden und zu einem fernen Ende führenden Ausgangskanal (4) zum Ausgeben eines elektrischen Ausgangssignals angeordnet ist,
- 10 dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Eingangskanal ein Hochpassfilter (8) mit einer Grenzfrequenz, die über der Grenzfrequenz des Hochpassverhaltens des Wandlers (2) liegt, aus der Richtung des fernen Endes vor dem Echofilter (502; 512; 522; 532) angeordnet ist und dass in dem Eingangskanal (1) zwischen dem Hochpassfilter (8) und dem Echofilter (50; 51; 52) ein
15 Begrenzungselement (9) zum Begrenzen der Signalamplitude angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Charakteristik des Begrenzungselements (9) durch eine Funktion bestimmt ist,
20 die einen ersten konstanten (10), einen proportionalen (12) und einen zweiten konstanten Abschnitt (14) aufweist, wobei die Übergänge zwischen diesen Abschnitten weich, insbesondere stetig und stetig differenzierbar, sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Charakteristik des Begrenzungselements (9) durch eine zusammengesetzte Funktion aus einem ersten konstanten (10), einem ersten quadratischen (11), einem
5 proportionalen (12), einem zweiten quadratischen (13) und einem zweiten konstanten Term (14) gebildet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

10 dass die die Charakteristik des Begrenzungselements (9) bildende Funktion stetig und stetig differenzierbar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass die Charakteristik des Begrenzungselementes (9) durch eine tanh-Funktion gebildet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass das Echofilter (502; 512; 522; 532) ein lineares und/oder adaptives Filter ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Hochpassfilter (8) eine 3dB-Grenzfrequenz von etwa 0,1-2 kHz, insbesondere
25 von etwa 0,2-1kHz, aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die 3dB-Grenzfrequenz des Hochpassfilters (8) etwa um den Faktor 2-10,
30 insbesondere etwa um den Faktor 5, höher liegt als die 3dB-Grenzfrequenz des Wandlers (2).

9. Anordnung zum Empfangen und Senden von Audiosignalen mit

- einer Vorrichtung zum Unterdrücken von Echo nach Anspruch 1,
- einem Wandler (2) zum Wandeln eines an einem Eingangskanal empfangenen elektrischen Signals in ein erstes Audiosignal, insbesondere mit einem D/A-Wandler (21) zum Wandeln eines digitalen Signals in ein analoges Signal, einem Verstärker (22) zum Verstärken des analogen Signals und einem Lautsprecher (23) zum Wandeln des verstärkten Signals in das erste Audiosignal, und
- einem Rückwandler (3) zum Zurückwandeln eines zweiten Audiosignals in ein elektrisches Signal, insbesondere mit einem Mikrofon (31) zum Wandeln des zweiten Audiosignals in ein analoges, elektrisches Signal, einem Rückverstärker (32) zum Anpassen des analogen, elektrischen Signals auf einen Amplitudenbereich eines A/D-Wandlers und einem A/D-Wandler (33) zum Wandeln des angepassten Signals in ein digitales Signal zum Weiterleiten an einen Ausgangskanal.

10. Anordnung nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die Anordnung ein Mobiltelefon, schnurloses Telefon, Funkgerät oder eine Freisprecheinrichtung ist.

11. Verfahren zum Unterdrücken von Echo beim Empfangen und Ausgeben von Audiosignalen, insbesondere gesprochener Sprache, wobei ein elektrisches Eingangssignal an einem Eingangskanal (1) empfangen, über ein Hochpassfilter (8) und daran anschließend über ein Begrenzungselement (9) zu einem Wandler (2) zum Wandeln des elektrischen Eingangssignals in ein erstes Audiosignal geführt wird, wobei das Hochpassfilter (8) eine Grenzfrequenz aufweist, die über der Grenzfrequenz des Wandlers liegt, wobei ein elektrisches, von einem Rückwandler (3) zum

Zurückwandeln eines zweiten Audiosignals in ein zweites elektrisches Signal weitergeleitetes Ausgangssignal an einem Ausgangskanal (4) ausgegeben wird, und das elektrische Eingangssignal zwischen dem Begrenzungselement (9) und dem Wandler (2) abgezweigt, über ein Echofilter (50; 51; 52; 53)geführt und von dem elektrischen
5 Ausgangssignal subtrahiert wird.

12. Computerprogramm mit Computerprogrammmitteln zum Veranlassen eines Computers zur Durchführung der Schritte des Verfahrens nach Anspruch 11, wenn das Computerprogramm auf einem Computer ausgeführt wird.

ZUSAMMENFASSUNG

Nichtlinearer Akustik-Echo-Unterdrücker

- Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Unterdrücken von Echo für eine Anordnung zum Übertragen von Audiosignalen, insbesondere gesprochener Sprache, mit einem Echofilter zum Unterdrücken von Echo. Das Echofilter ist zwischen
- 5 einem Eingangskanal (1) und einem Ausgangskanal (4) angeordnet. Der Eingangskanal (1) führt ein erstes elektrisches Eingangssignal zu einem Wandler (2) zum Wandeln des elektrischen Signals in ein erstes Audiosignal. Der Ausgangskanal (4) überträgt ein elektrisches Signal von einem Wandler (3), der ein zweites Audiosignal in ein
- 10 elektrisches Signal zurückwandelt. Um bei solch einer Vorrichtung bzw. bei solch einem Verfahren zur Unterdrückung von Echo auch nichtlinear verzerrtes Echo zu verhindern, wird in dem Eingangskanal (1) ein Hochpassfilter (8) angeordnet, das eine Grenzfrequenz aufweist, die über der Grenzfrequenz des Hochpassverhaltens des Wandlers (2) liegt. An das Hochpassfilter (8) schließt sich ein Begrenzungselement (9)
- 15 an, das die Amplitude des Eingangssignals auf den Eingangsbereich des Wandlers (2) begrenzt. Hierdurch wird erreicht, dass nichtlineares Verhalten des Wandlers (2) nicht angeregt wird, so dass nichtlinear verzerrtes Echo erst gar nicht entstehen kann.

Fig. 4

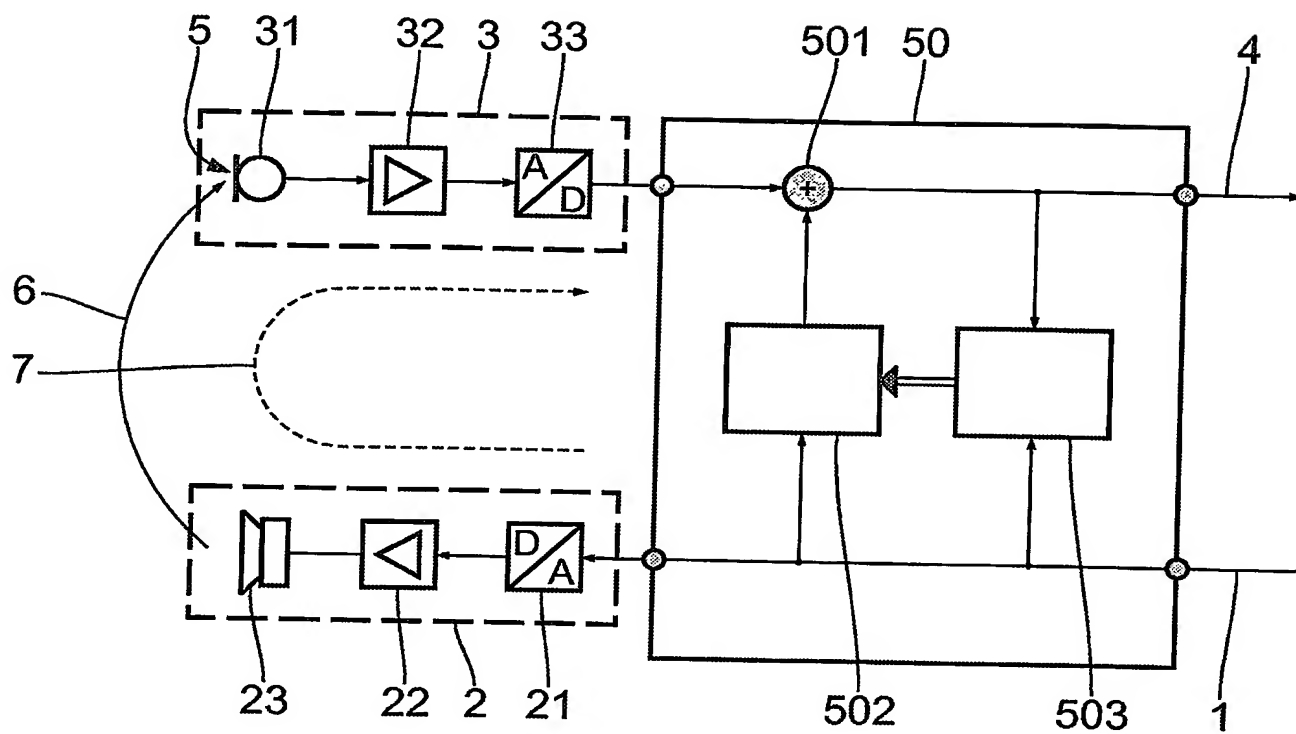


Fig. 1

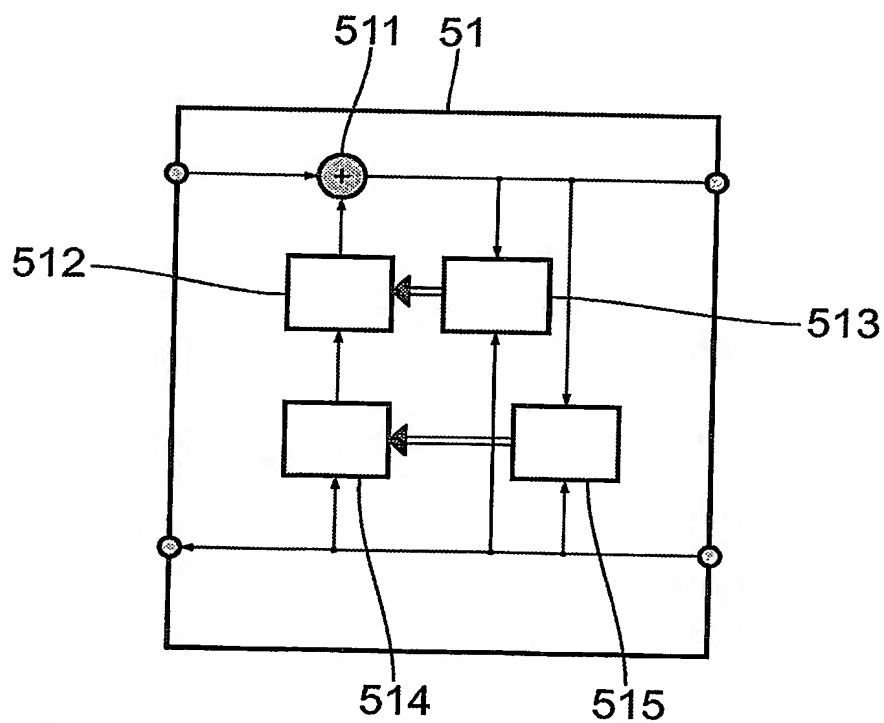


Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY

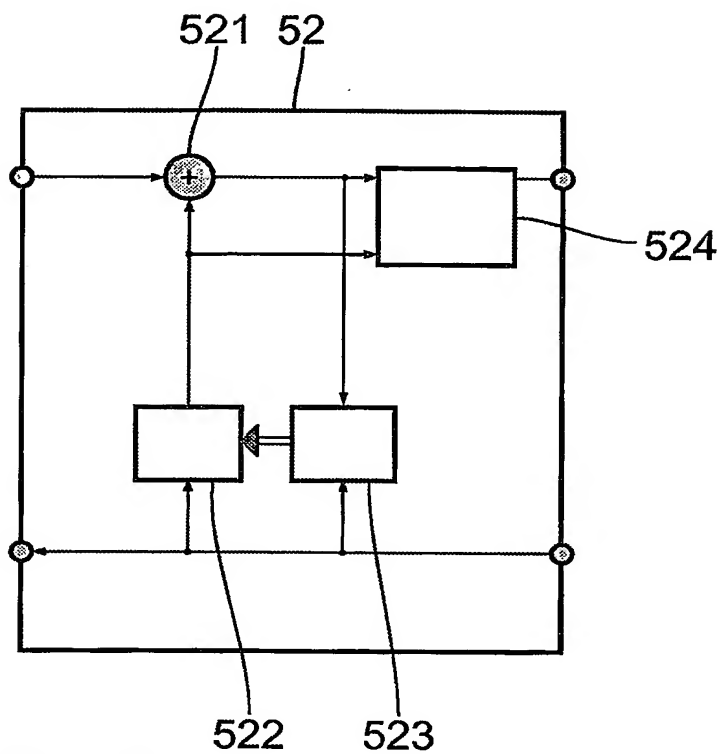


Fig. 3

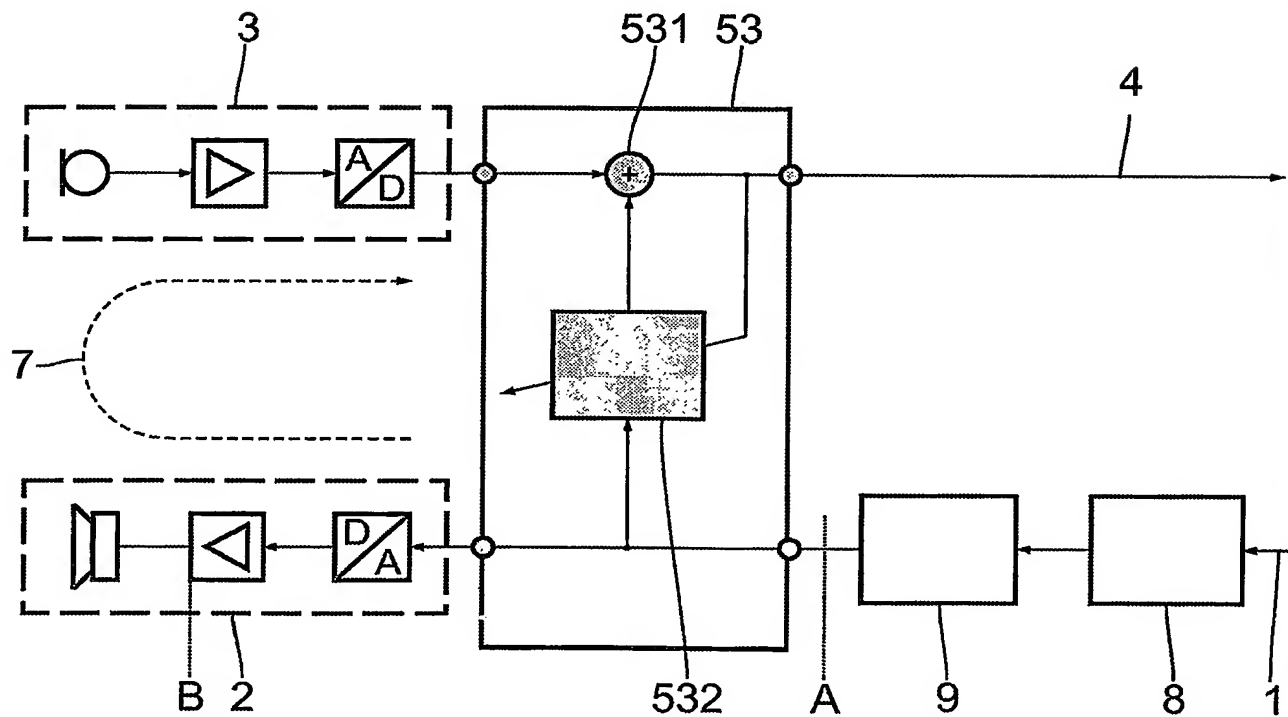


Fig. 4

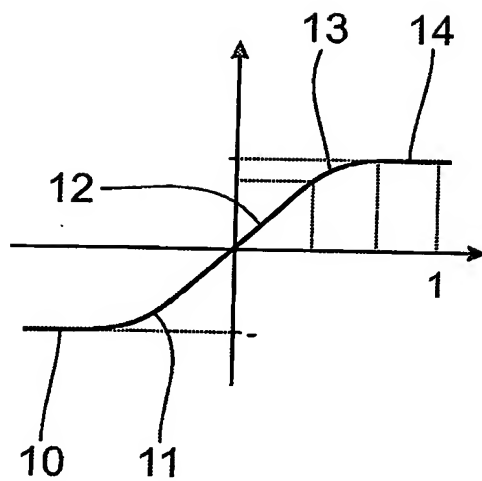


Fig. 5

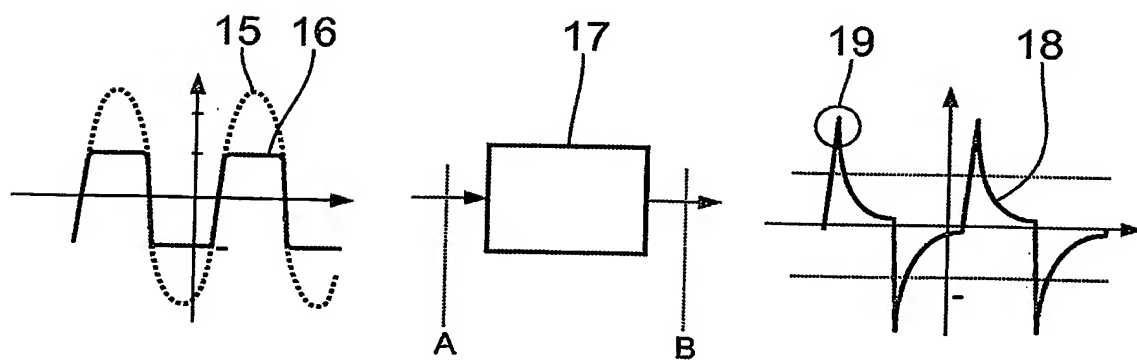


Fig. 6

BEST AVAILABLE COPY

PCT Application

IB0306287

